

⑤1

Int. Cl. 2:

**F01 C 1/10**

①9 **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

F 02 B 53/00

DEUTSCHES



PATENTAMT

Beilage

**DT 25 25 335 A 1**

①1

# Offenlegungsschrift

**25 25 335**

②1

Aktenzeichen:

P 25 25 335.4

②2

Anmeldetag:

6. 6. 75

④3

Offenlegungstag:

16. 12. 76

③0

Unionspriorität:

③2 ③3 ③1

⑤4

Bezeichnung:

Verbrennungskraftmaschine

⑦1

Anmelder:

Comprotek S.A., Freiburg (Schweiz)

⑦4

Vertreter:

Zumstein sen., F., Dr.; Assmann, E., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.;  
Koenigsberger, R., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Holzbauer, R., Dipl.-Phys.;  
Zumstein jun., F., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Klingseisen, F., Dipl.-Ing.;  
Pat.-Anwälte, 8000 München

⑦2

Erfinder:

Nichtnennung beantragt

**BEST AVAILABLE COPY**

2525335

S 1479  
40/m

Firma Comprotek S.A.  
Fribourg / Schweiz

---

Verbrennungskraftmaschine

---

Die Erfindung betrifft eine Verbrennungskraftmaschine in Form einer Drehkolbenmaschine, mit wenigstens zwei Rotoren, die in einem mit Ein- und Auslaßöffnungen versehenen Gehäuse drehbar gelagert sind, wobei sie miteinander in Eingriff stehen und zwischen sich Arbeitsräume bilden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Brennkraftmaschine dieser Art so auszubilden, daß die exakte Abdichtung der Arbeitsräume gegeneinander auf einfache Weise möglich wird. Weiterhin soll eine Abtriebsdrehzahl möglich sein, die der heute üblicherweise von Arbeitsmaschinen, wie zum Beispiel Drehstromgeneratoren, benötigten Antriebsdrehzahl entspricht. Schließlich soll auch ein Betrieb mit möglichst hohem Luftüberschuß unter Verwendung bleifreier billiger Kraftstoffe möglich sein.

Diese Aufgabe wird nach der Erfindung dadurch gelöst, daß innerhalb eines rohrförmigen Käfigrotors, der mit über den Umfang verteilten Ausnehmungen versehen ist, wenigstens ein Kammrotor angeordnet ist, der beabstandete Zähne aufweist, die mit den Ausnehmungen des Käfigrotors in Eingriff treten, wobei die Umfangslinie des Kammrotors den Außenumfang des Käfigrotors tangiert, daß die Zähne und Ausnehmungen an den beiden Rotoren schraubenlinienförmig um die zugeordnete Rotorachse verlaufen, und daß die Brennkammer auf dem Außenumfang des Käfigrotors im Gehäuse ausgebildet ist und über Blaslöcher mit den Ausnehmungen im Käfigrotor in Verbindung steht.

Bei dieser Bauweise ist eine Profilgebung der miteinander in Eingriff tretenden Teile der beiden Rotoren möglich, die einerseits eine gute Abdichtung der Arbeitsräume gegeneinander und andererseits eine einfache Herstellung ermöglicht. Die Kompression und Expansion des Arbeitsmediums kann in verschiedenen Arbeitsräumen stattfinden, wodurch man die Maschine mit hohem Luftüberschuß betreiben kann.

Weitere Ausgestaltungen sind in den Ansprüchen und in der nachfolgenden Beschreibung wiedergegeben.

Anhand der Zeichnungen wird die Erfindung beispielsweise näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 einen Querschnitt durch eine Kompressions- bzw. Expansionsstufe eines Motors mit einem Drehzahlverhältnis von 2 : 3 der beiden Rotoren;

Fig. 2 einen Querschnitt durch eine zweiflutige Kompressionsstufe;

Fig. 3 einen Querschnitt durch eine zweiflutige Expansionsstufe und

Fig. 4 in einer aufgebrochenen Draufsicht die zwischen Kompressions- und Expansionsstufe liegende Brennkammer

eines Viertaktmotors mit der darunterliegenden Abwicklung des Käfigrotors an seinem Außendurchmesser;

Fig. 5 eine vorteilhafte Profilgestaltung der Rotoren;

Fig. 6 einen Querschnitt durch eine Kompressionsstufe;

Fig. 7 einen Querschnitt durch eine Expansionsstufe und

Fig. 8 einen Längsschnitt durch den Teil des Motorgehäuses, in dem der Luftansaugstutzen, ein zwischen Brennkammer und Kompressionsstufe angeordneter Wärmeaustauscher sowie die Brennkammer selbst angeordnet ist, bei einem Motor mit Gleichdruckverbrennung;

Fig. 9 einen Querschnitt durch einen Käfigrotor;

Fig. 10 eine Seitenansicht eines Käfigrotors mit schraubenlinienförmigen Ausnehmungen und

Fig. 11 eine Abwicklung des Käfigrotors nach Fig. 10;

Fig. 12 eine Stirnansicht und

Fig. 13 eine Seitenansicht eines Kammrotors mit schraubenlinienförmigen Zähnen;

Fig. 14 in einer perspektivischen Darstellung die miteinander in Eingriff stehenden Rotoren nach den Fig. 10 und 13 mit dem Gehäuseinnenteil und

Fig. 15 eine Seitenansicht eines Käfigrotors mit Darstellung der Lage der Gaswechselschlitze bzw. Blaslochschlitze.

In Fig. 1 ist in einem Querschnitt die Kompressionsstufe einer Brennkraftmaschine dargestellt, die im wesentlichen aus einem Außengehäuse 1 und einem damit fest verbundenen Gehäuseinnenteil 2 sowie zwei Rotoren 7 und 8 besteht. Auf dem Außenumfang des Gehäuses ist ein Einlaßschlitz 3 ausgebildet, der unmittelbar neben einem gleichfalls schlitzförmigen Blasloch 4 liegt, durch das das verdichtete Gas weiter in eine Brennkammer gefördert wird.

Wird die in Fig. 1 angegebene Pfeilrichtung umgekehrt, so stellt diese Figur im wesentlichen die Expansionsstufe dar, für die die in Klammern angegebenen Bezugswerte gelten. Durch das Blasloch (5) strömen dann aus der Brennkammer die heißen Brenngase ein und verlassen die Expansionsstufe durch den Auslaßschlitz (6).

Mit 7 ist der Käfigrotor und mit 8 der mit diesem in Eingriff stehende Kammrotor bezeichnet. Diese beiden im Gehäuse drehbar gelagerten Rotoren laufen gleichsinnig um parallel zueinander liegende und im Raum feststehende Achsen um, wobei durch das Gehäuse, die Stege 10 des Käfigrotors 7 und die Zähne des Kammrotors 8 Arbeitsräume 9a, 9b und 9c gebildet werden, die mit dem Käfigrotor umlaufen.

Bei diesem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1, bei dem im Falle einer Kompressionsstufe die Drehrichtung der Rotoren im Gegen-  
uhrzeigersinn und im Falle einer Expansionsstufe im Uhrzeiger-  
sinn verläuft, sind drei über den Umfang des Käfigrotors ver-  
teilte Stege 10 vorgesehen, wobei die Ausnehmungen zwischen  
diesen Stegen die Arbeitsräume bilden. Der Kammrotor 8 ist  
mit zwei einander gegenüberliegenden Zähnen versehen, die  
zwischen sich Ausnehmungen 11 bilden, in welche die Stege 10  
des Käfigrotors 7 eingreifen. Bei dieser Anordnung ist das  
Verhältnis der Drehzahlen von Käfigrotor 7 zum Kammrotor 8  
2 : 3. In der dargestellten Stellung hat der Arbeitsraum 9b  
sein größtmögliches Volumen, während der Arbeitsraum 9c durch  
den Eingriff des Kammrotors 8 verkleinert und das darin be-

findliche Gas verdichtet wird, wenn die Rotoren im Gegenuhrzeigersinn umlaufen. Überstreicht in diesem Falle die Zahnflanke 13 des Käfigrotors 7 die Steuerkante 14 des Blaslochschlitzes 4, so ist die Verdichtung beendet und der Ausschub des komprimierten Gases beginnt. Überstreicht dagegen bei umgekehrter Drehrichtung im Falle einer Expansionsstufe die Zahnflanke 13 die Steuerkante 14 des Blaslochschlitzes, so wird das Einströmen beendet und die Expansion der heißen Brenngase beginnt. Durch die frei wählbare Lage der Steuerkante 14 kann jedes gewünschte Verdichtungsverhältnis bzw. Expansionsverhältnis verwirklicht werden. Eine Verschiebung der Steuerkante 14 im Gegenuhrzeigersinn zur Verkleinerung des Blaslochschlitzes 4 ergibt eine höhere Verdichtung bzw. stärkere Expansion, während eine Verschiebung in der entgegengesetzten Richtung die Verdichtung bzw. Expansion vermindert.

Die Abdichtung der Arbeitsräume gegeneinander wird einmal erreicht durch Spalte zwischen feststehenden und umlaufenden Teilen (geringe Durchmesserunterschiede zwischen Innendurchmesser des Außengehäuses 1 und Außendurchmesser des Käfigrotors 7, des Innendurchmessers des Käfigrotors 7 und des Außendurchmessers des Gehäuseinnenteils 2, sowie des Innendurchmessers des Gehäuseinnenteils 2 und des Außendurchmessers des Kammrotors 8) und zum andern durch eine entsprechende Profilgestaltung der in Kämmeingriff stehenden Rotorteile.

Auf den beiden Stirnseiten gehen die Stege 10 des Käfigrotors 7 jeweils in einen Ring 15 über, der auch gleichzeitig die stirnseitige Abdichtung übernimmt. Eine mögliche Formgebung der Zahn- bzw. Nutprofile besteht darin, daß die Profilkanten 16 und 17 des Kammrotors 8 (Fig. 1) die Form der Zahnflanken 12 und 13 an den Stegen 10 erzeugen, wobei beim Eindringen der Stege 10 des Käfigrotors 7 in die Ausnehmungen 11 des Kammrotors 8 die Dichtkante 17 auf der Zahnflanke 12 gleitet, während beim Zahnaustritt die Dichtkante 16 auf der Zahnflanke 13 entlang gleitet. Die Zahn- und Profilformen können

auch auf jede andere beliebige Weise erzeugt werden.

Es ist gleichfalls jedes denkbare Drehzahlverhältnis zwischen Käfig- und Kammrotor oder Kammrotoren möglich, das sich durch die Anzahl der auf dem Umfang verteilten Ausnehmungen bzw. Zähne der beiden Rotoren ergibt (z. B.  $1/2$ ;  $1/3$ ;  $1/4$ ; ...  $2/3$ ;  $2/5$ ;  $2/7$ ; ...  $3/4$ ;  $3/5$  usw.).

Wie die Fig. 1 zeigt, tangiert der Außenumfang des innerhalb des Käfigrotors 7 angeordneten Kammrotors 8 den Außenumfang des Käfigrotors, wobei längs dieser Berührungslinie der beiden Außendurchmesser die Trennwand zwischen dem Einlaßschlitz 3 und dem Blaslochschlitz 4 verläuft.

Das Außengehäuse 1 kann auch so ausgebildet sein, daß es nur im Bereich der beginnenden Verdichtung bzw. im Bereich der beendeten Expansion dem Außenumfang des Käfigrotors 7 angepaßt ist, so daß nur in diesem Bereich eine genaue Bearbeitung vorgenommen werden muß. Der Einlaßschlitz 3 bzw. der Auslaß (6) kann sich somit über einen größeren Abschnitt auf dem Umfang des Käfigrotors erstrecken bzw. dem Blaslochschlitz 4 auch diametral gegenüberliegend angeordnet werden, wobei im Bereich der Freigabe der Arbeitsräume 9 durch den Kammrotor 8 bereits eine Verbindung mit dem Einlaßstutzen 3 vorgesehen wird.

Die Fig. 2, 3 und 4 zeigen eine Ausführungsform als Viertakt-Dieselmotor. Eine Ausführungsform als Otto-Motor ist gleichfalls möglich, wenn man sich die Einspritzdüse 18 in Fig. 4 durch eine Zündkerze ersetzt denkt. Für die Ausführungsform als Otto-Motor ergibt sich im übrigen der gleiche Aufbau wie der nachfolgend beschriebene.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach den Fig. 2 und 3 sind in der Kompressions- und in der Expansionsstufe einem Käfigrotor 7' bzw. 7'' jeweils zwei Kammrotoren 8' bzw. 8'' zugeordnet, so daß diese mit doppelter Winkelgeschwindigkeit des Käfigrotors umlaufen. Andere Ausführungsformen, wie beispielsweise

mit einem Drehzahlverhältnis von 1 : 3, sind gleichfalls möglich. Auch kann nur ein Kämmerotor 8 vorgesehen werden, der mit doppelter Winkelgeschwindigkeit des Käfigrotors umläuft. Die Profilierung der Zähne und Ausnehmungen an den beiden Rotoren entspricht der anhand der Fig. 5 erläuterten, jedoch kann auch eine andere Profilgebung vorgesehen werden.

Wie die Fig. 4 zeigt, ist die Kompressionsstufe nach Fig. 2 koaxial neben der Expansionsstufe nach Fig. 3 angeordnet, wobei in Fig. 4 lediglich schematisch die Arbeitsräume der beiden Stufen in der Abwicklung der beiden Käfigrotoren dargestellt sind. Zwischen den beiden Stufen ist im Gehäuse auf dem Außenumfang des Käfigrotors eine Brennkammer 19 ausgebildet, die mit der Einspritzdüse 18 versehen ist. Die Brennkammer 19 ist über der Dichtlinie D-D angeordnet, die sich durch die tangierenden Außendurchmesser von Käfigrotor und Kämmerotor ergibt.

Die Arbeitsweise des Motors nach den Fig. 2 bis 4 ist folgende. Über die beiden Einlaßschlitze 3 wird Luft in die vier Kompressionsräume 9' eingesaugt, aus denen sie nach Verdichtung über die beiden Blaslochschrätze 4 in die Brennkammer 19 ausgeschoben wird. Die Trennung zwischen Einlaßschlitzen 3 und Blaslochschrätzen 4 erfolgt über die Dichtlinie D-D, die sich durch die Berührungslinie der Außendurchmesser der beiden Rotoren in Verbindung mit dem anliegenden Gehäuseinnenumfang ergibt.

Die Verdichtung ist beendet, wenn die gesamte in den Kompressionsräumen 9' eingeschlossene Gasmenge in die Brennkammer 19 ausgeschoben ist. Dies ist dann der Fall, wenn die voreilende Zahnflanke 12' des Käfigrotors 8' die Steuerkante 20 des Blaslochschrätzes 4 überschritten hat. Der zu diesem Zeitpunkt in der Brennkammer 19 herrschende Druck hängt allein von dem Volumen der Brennkammer 19 ab, er kann durch eine entsprechende Dimensionierung auch sehr hoch gewählt werden.



Etwa zum Zeitpunkt der Beendigung der Verdichtung wird über die Einspritzdüse 18 Kraftstoff in die Brennkammer 19 eingespritzt und gezündet. Wie aus den Fig. 3 und 4 hervorgeht, strömen die heißen Brenngase über die Blaslöcher 5 in die auf der anderen Seite der Dichtlinie D liegenden Expansionsräume 9'' der Expansionsstufe. Der Überströmvorgang wird beendet, wenn die voreilende Zahnflanke 12'' des Käfigrotors 7'' die Steuerkante 21 des Blaslochs 5 überschritten hat. Die in Fig. 4 wiedergegebene Versetzung der Kompressionskammer 9' gegenüber den Expansionskammern 9'' in Umfangsrichtung wird dabei im wesentlichen so gewählt, daß zum Zeitpunkt der Beendigung des Überströmvorgangs die nacheilende Zahnflanke 13' des Hauptrotors 7' die Blaslöcher 4 des Verdichterteils wieder freigibt, so daß wiederum komprimierte Frischluft in die Brennkammer 19 eingeschoben werden kann.

Nach Beendigung des Überströmens aus der Brennkammer 19 in die Expansionsräume 9'' werden die Brenngase expandiert, bis die Expansionsräume 9'' ihr maximales Volumen erreichen. Dies ist der Fall, wenn die dem Expansionsraum 9'' nacheilende Zahnflanke 12'' des Käfigrotors 8'' die Steuerkante 22 des Gehäuseinnenteils 2'' überschritten hat. Etwa zu diesem Zeitpunkt wird der Expansionsraum 9'' zu den Auslaßschlitzen 6 geöffnet, worauf die Abgase ausgeschoben werden. Das Ausschieben der Abgase aus den Expansionsräumen 9'' erfolgt vollständig und es ist beendet, wenn die voreilende Zahnflanke 12'' die Steuerkante 23 im Außengehäuse 1'' überschritten hat. Beim anschließenden Einströmen heißer Brenngase befinden sich somit keine störenden Restgase mehr im Expansionsraum.

Durch eine geeignete Dimensionierung der Breite der Arbeitsräume 9' bzw. 9'' in Richtung der Drehachsen kann erreicht werden, daß die Expansion der Gase in den Arbeitsräumen 9'' bis auf den Umgebungsdruck herab erfolgen kann, bevor die Gase durch die Auslaßschlitze 6 ausgeschoben werden. Hierdurch ist eine Steigerung des Wirkungsgrades des Motors zu erzielen.

Im Gehäuse 1' der Verdichterstufe können Kühlwasserräume 24 und im Gehäuse 1'' der Expansionsstufe Kühlwasserräume 25 ausgebildet werden, welche die zu kühlenden Abschnitte umgeben. Ebenso können im Gehäuseinnenteil 2'' Kühlwasserräume 26 sowie Ausnehmungen 27 für Kühlwasser in den Stegen des Käfigrotors 7'' vorgesehen werden. Bei einer luftgekühlten Bauweise können auf dem Außenumfang des Gehäuses anstelle der Kühlmittelräume Kühlrippen vorgesehen werden.

Bei gleichmäßiger Druckverteilung in den Verdichtungs- bzw. Expansionsräumen 9' bzw. 9'' verläuft die auf die Kammrotoren 8' bzw. 8'' wirkende resultierende Gaskraft durch deren Drehachse, so daß kein Drehmoment auf die Kammrotoren ausgeübt wird. Der Antrieb der Kammrotoren 8 kann durch ein Synchrongetriebe erfolgen, das keine Leistung übertragen muß. Das durch den Gasdruck erzeugte Drehmoment wird ausschließlich durch den Käfigrotor 7 aufgenommen. Er wird deshalb stirnseitig mit einer Abtriebswelle versehen.

Die Käfigrotoren 7' und 7'' wie auch die Kammrotoren 8' und 8'' können miteinander starr verbunden sein und an den Enden gemeinsam gelagert werden.

Der beschriebene 4-Takt-Motor kann bei halbiertem Leistung natürlich auch mit nur einer Brennkammer 19, einem Kammrotor 8, jeweils nur einem der Schlitze 3, 4, 5, 6 usw. ausgebildet werden.

In Fig. 2 ist mit 44 ein Druckausgleichskanal bezeichnet, der bei dem Ausführungsbeispiel nach den Fig. 2 und 3 die beiden Zahnücken 11 der Kammrotoren 8 miteinander verbindet.

Die Fig. 5 erläutert im einzelnen die Ausbildung der in den Fig. 2 und 3 wiedergegebenen Rotorprofile. Hierbei beträgt das Drehzahlverhältnis zwischen Käfig- und Kammrotor 1 : 2, wobei am Kammrotor zwei Zähne und am Käfigrotor vier Stege ausgebildet sind.

Es ist eine charakteristische Eigenart des Durchmesser- bzw. Zähnezahlverhältnisses 1 : 2, daß die Zahnflanken 12 und 13 des Käfigrotors 7 entsprechend der Regel von La Hyre als Geraden ausgebildet werden können, deren Verlängerung durch die Drehachse des Käfigrotors verläuft. Die Stege 10 des Käfigrotors bilden im Querschnitt Kreisringsegmente und sie können somit mit einfachen Mitteln leicht und billig hergestellt werden.

Wie die Fig. 5 zeigt, entsteht das Profil der Ausnehmungen bzw. Zahnücken 11 am Kämmrotor 8 durch Eindringen der Stege 10 des Käfigrotors 7. Für den Fall, daß die Stegbreite des Käfigrotors in Umfangsrichtung gleich  $1/2$  der Zahnteilung des Käfigrotors in Umfangsrichtung ist, ergeben sich folgende geometrische Verhältnisse.

Außendurchmesser des Käfigrotors = D

Außendurchmesser des Kämmrotors =  $\frac{D}{2}$

Zahn- bzw. Stegbreite des Käfigrotors in radialer

$$\text{Richtung} = \frac{D}{2} \cdot \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right)$$

Zahnbreite des Käfigrotors in Umfangsrichtung

$$\text{im Bogenmaß} = \frac{D \cdot \pi}{4}$$

Breite der Zahnücken des Kämmrotors in Umfangsrichtung

$$\text{im Bogenmaß} = \frac{D \cdot \pi}{4}$$

Die Form der Ausnehmung bzw. Zahnücke im Kämmrotor an ihren Flanken zwischen den Punkten 16 und 28 bzw. 17 und 29 entsteht durch Eindringen der beiden Eckpunkte 30 bzw. 31 des Käfigrotorsteges in den Kämmrotor. Mathematisch stellen die Flanken 16 - 28 und 17 - 29 also punkterzeugte Perizykloiden dar. Die Sohle der Ausnehmung 11 des Kämmrotors 8, d. h. die verbleibende Strecke zwischen den Punkten 28 und 29,

ist ein Kreisbogen, dessen Mittelpunkt die Drehachse des Kammrotors 8 ist, dessen Durchmesser  $\frac{D}{2} \cdot (\sqrt{2}-1)$  und dessen Bogenlänge  $\frac{D \cdot \pi}{4} \cdot (\sqrt{2}-1)$  beträgt. Für eine Abdichtung des zwischen Käfigrotorsteg und Zahnücke am Kammrotor eingeschlossenen Volumens 32 genügt es, wenn die beiden Eckpunkte 16 und 17 des Kammrotorprofils an den Stegflanken des Käfigrotors anliegen. Bei der Drehbewegung der beiden Rotoren gleiten dann diese Eckpunkte 16 und 17 an den Flanken 13 und 12 des Käfigrotors entlang. Im Hinblick auf eine billige und günstige Fertigung des Kammrotors 8 ist es also nur erforderlich, daß die vorher beschriebene mathematische Funktion der Ausnehmung 11 am Kammrotor in der unmittelbaren Umgebung der beiden Eckpunkte 16 und 17 genau eingehalten wird - nur dort muß also genau bearbeitet werden -, der weitere Verlauf des Profils kann dann im Positiven - im Sinne einer größeren Ausnehmung - davon abweichen. Das beschriebene Kammrotorprofil hat den weiteren Vorteil, daß es, bezogen auf eindringende Werkzeuge bei der Fertigung, keine Hinterschneidung besitzt, es läßt sich demgemäß auch aus einer Gießform lösen.

Die Fig. 6, 7 und 8 zeigen eine andere Ausführungsform einer Verbrennungskraftmaschine nach der Erfindung. Bei dieser Bauweise kann die Verbrennung annähernd isobar ablaufen (Gas-turbinen-Kreisprozeß).

Bauteile, die den vorausgehend beschriebenen entsprechen, sind mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die Arbeitsweise ist folgende. Über die vom Außenumfang des Käfigrotors 7' gesteuerten Einlaßschlitze 3 wird Luft in die Arbeitsräume 9' der Verdichterstufe angesaugt, bei deren Umlauf im Gegenuhrzeigersinn durch das Eindringen des Kammrotors 8' in die Arbeitsräume 9' eine Verdichtung erfolgt und nach Erreichen des gewünschten Enddrucks über den gleichfalls vom Außenumfang des Käfigrotors 7' gesteuerten Blaslochschlitzes 4 in einen Sammelraum 33 gefördert wird (Fig. 6).

Wie die Fig. 8 zeigt, wird die verdichtete Luft anschließend aus dem Sammelraum 33 über einen vom Motorabgas beaufschlagten Wärmeaustauscher 34, der die Luft weiter erwärmt, in die Brennkammer 19 geleitet. In der Brennkammer wird über eine Brennerdüse 35 ein stetiger Kraftstoffstrahl in die verdichtete Luft eingeblasen und gleichmäßig verbrannt. Selbstverständlich kann der Wärmeaustauscher 34 auch entfallen, es muß dann nur - bei entsprechend geringerem Wirkungsgrad - mehr Kraftstoff verbrannt werden.

Wie die Fig. 7 zeigt, treten die heißen Brenngase anschließend aus der Brennkammer 19 über den gleichfalls vom Außenumfang des Käfigrotors 7' gesteuerten Blaslochschlitz 5 in die Expansionsräume 9' ein, deren Volumen von Null bis zu Ihrem Maximum ansteigt, wenn die Rotoren im Gegenurzeigersinn umlaufen.

Das Überströmen der Brenngase ist beendet, wenn die voreilende Zahnflanke 12'' des Käfigrotors 7'' die Steuerkante 36 des Blaslochschlitzes 5 überstrichen hat. Die Expansion geht weiter, sie ist beendet, wenn die Zahnflanke 12'' des Käfigrotors 7'' die Steuerkante 37 des Gehäuseinnenteils 2 überstrichen hat. Die Abgase werden dann nach weiterer Drehung des Käfigrotors 7'' entgegen dem Uhrzeigersinn aus den Arbeitsräumen 9'' über die Auslaßschlitze 6 und den Wärmeaustauscher 34 ~~ab~~geschoben (Fig. 8). Das Gas wird hierbei vollständig ausgeschoben wie bei der zuvor beschriebenen Ausführungsform.

Die Kämmlotoren 8' und 8'', auf die kein Drehmoment ausgeübt wird, können vom Käfigrotor 7' und 7'' aus leistungslos über ein Synchrongetriebe angetrieben werden, dessen innen verzahntes Hauptrad mit dem Käfigrotor 7 fest verbunden ist und dessen Teilkreisdurchmesser gleich dem Außendurchmesser des Käfigrotors 7 ist, wobei das mit dem Kämmlotor 8 fest verbundene außenverzahnte Ritzel mit halber Zähnezahl in das Hauptzahnrad eingreift. Die Leistungsabnahme erfolgt über

eine Abtriebswelle 38 (Fig. 8), die gleichfalls mit dem Käfigrotor 7 fest verbunden ist. Bei der beschriebenen zweckmäßigen Ausgestaltung liegen die Käfigrotoren 7' und 7'' der Kompressions- und der Expansionsstufe sowie die Kammrotoren 8' und 8'' koaxial nebeneinander, wobei sie jeweils den gleichen Außendurchmesser und die gleiche Profilform haben und fest miteinander verbunden sind. Ebenso werden sie gemeinsam gelagert.

Bei gleichen Durchmessern in der Kompressions- und in der Expansionsstufe muß bei Gleichdruckverbrennung die Länge der Arbeitsräume 9'' in Achsrichtung wesentlich größer sein als die Länge der Arbeitsräume 9' in der Kompressionsstufe. Dabei kann vorteilhaft das Längenverhältnis der Arbeitsräume 9'' und 9' dem Verhältnis der gewählten thermodynamischen Abgas-temperatur zur Umgebungstemperatur angepaßt werden. Das an der Abtriebswelle 36 zur Verfügung stehende Drehmoment ist dabei der Längendifferenz der Arbeitsräume 9'' und 9' proportional. Dabei wird vorausgesetzt, daß - im Interesse eines guten Wirkungsgrades - in der Expansionsstufe bis auf annähernd Atmosphärendruck entspannt wird.

Zur weiteren Verbesserung des Wirkungsgrades kann die Verdichtung der Luft in der Kompressionsstufe zweistufig - mit Zwischenkühlung auf annähernd Umgebungstemperatur - erfolgen, die zusätzlich erforderlichen Arbeitsräume können vorteilhaft koaxial zu den Arbeitsräumen 9' und 9'' angeordnet werden.

Da der Gasturbinen-Kreisprozeß bei hohen Luftüberschußzahlen abläuft, ist die Verbrennung entsprechend vollständig und das Abgas giftfrei. Die - nach Initialzündung beim Start - kontinuierliche Verbrennung erlaubt den Betrieb als Vielstoffmotor (Kraftstoffe ohne Bleizusätze), die relativ niedrigen Verbrennungstemperaturen verhindern die Bildung von Stickoxyden.

Die Lagerung der Käfigrotoren 7 und der Kammrotoren 8 kann in üblicher Weise durch je zwei Endlager erfolgen. Als Schmier-

Ölreservoir kann der Raum 26 im Gehäuseinnenteil 2 dienen.

Der Gasturbinen-Kreisprozeß erfordert eine möglichst pulsationsarme Zuströmung in die und Abströmung aus der Brennkammer 19. Pulsationsfreiheit ist nur dann möglich, wenn die Blaslochschnitte 4 bzw. 5 ständig mit mindestens einem Kompressionsraum 9' bzw. Expansionsraum 9'' in Verbindung stehen. Also müßte die Erstreckung der Schnitte 4 und 5 in Umfangsrichtung mindestens einer Zahnbreite des Käfigrotors 7' bzw. 7'' in Umfangsrichtung entsprechen. Das macht Kompression und Expansion unmöglich, wenn Zähne und Ausnehmungen der Rotoren 7 und 8 zylindrisch, d. h. in Richtung der Drehachsen verlaufen.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden die Zähne und Nuten der Rotoren 7 und 8 in einem konstanten Winkel zu den Drehachsen angeordnet, um jedes erwünschte Druckverhältnis bei ausreichend guter Pulsationsfreiheit und niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten in den Blaslochschnitten 4 und 5 zu erzielen.

Eine derartige Ausgestaltung ist in den Fig. 9 bis 14 wiedergegeben. Die Fig. 11 zeigt eine Abwicklung des in Fig. 10 in einer Seitenansicht wiedergegebenen Käfigrotors 7 mit schraubenlinienförmig verlaufenden Ausnehmungen zwischen den Stegen 10, welche zusammen mit den Endringen 15 die Arbeitsräume 9 begrenzen. Die Richtung der Zähne bildet einen konstanten Winkel mit der Richtung der Drehachse. Auf diese Weise erscheinen die Arbeitsräume 9 als Parallelogramme. Der Umschlingungswinkel der Zähne bzw. der Arbeitsräume 9 beträgt hier im Bogenmaß  $\frac{\pi}{2}$ , jeder andere Umschlingungswinkel ist

gleichfalls denkbar. Durch seine Wahl wird das erzielte Expansions- bzw. Verdichtungsverhältnis bestimmt. Je größer der Umschlingungswinkel, umso größer ist das erzielbare Druckverhältnis. In einer günstigen Ausgestaltung der Erfindung sind demgemäß die Umschlingungswinkel der Kompressions-

und Expansionsstufe etwa gleich.

Die Fig. 12 und 13 zeigen eine Stirnansicht und eine Seitenansicht eines Kämmrotors 8 mit verwundenen Nuten. Die Form des Stirnprofils entspricht der anhand von Fig. 5 beschriebenen. Die zylindrischen Wellenenden 42 und 43 stellen Lagerzapfen dar. Der Umschlingungswinkel muß beim gewählten Drehzahlverhältnis 1 : 2 doppelt so groß wie beim Käfigrotor 7 - in diesem Falle also im Bogenmaß  $\pi$  - sein.

Die Fig. 14 zeigt perspektivisch und im Schnitt eine teilmontierte Anordnung einer Expansions- oder Kompressionsstufe mit dem Innengehäuse 2, dem Käfigrotor 7 und dem Kämmrotor 8, mit den anhand von Fig. 5 beschriebenen Profilen. Gut zu erkennen ist hier die Lage der Dichtlinie D-D in Fig. 4.

Die Fig. 15 schließlich zeigt in einer Seitenansicht einen Käfigrotor 7 mit schraubenlinienförmig verlaufenden Stegen, wobei die Kontur der Gaswechselschlitze und Blaslöcher für pulsationsarme Strömung angedeutet ist. Bei Drehung in Pfeilrichtung bildet bei einer Kompressionsstufe die Öffnung 3 im Gehäuse den Ansaugschlitz und 4 den Blaslochschlitz, während bei entgegengesetzter Drehrichtung im Falle einer Expansionsstufe mit 6 der Auslaßschlitz und mit 5 der Blaslochschlitz bezeichnet ist. Hierbei haben die Blaslochschnitte 4 bzw. 5 etwa die Form eines rechtwinkligen Dreiecks, wobei eine ständige Verbindung mit wenigstens einem Arbeitsraum 9' bzw. 9'' dadurch erreicht wird, daß die eine Kathete 39 der Öffnung 4 bzw. 5 wenigstens einer Zahnbreite des Käfigrotors 7 in Achsrichtung entspricht, die zweite Kathete 40 des Schlitzes 4 bzw. 5 wenigstens einer Zahnbreite des Käfigrotors 7 in Umfangsrichtung entspricht und die Hypothense 41 etwa in der Richtung der Stege 10 des Käfigrotors 7 verläuft.

Es sind verschiedene weitere Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Bauweise möglich. So kann längs der Dichtlinie D-D beispielsweise eine federbelastete Dichtleiste im Gehäuse angeord-



net werden, die auf dem Umfang von Käfig- und Kämmerotor anliegt. Der in Fig. 10 dargestellte Käfigrotor kann beispielsweise aus einem Stück gefertigt oder zur Vereinfachung der Herstellung und des Zusammenbaus aus einzelnen Teilen, beispielsweise Endringen 15 und Stegen 10, bestehen, die mittels Schrauben fest miteinander verbunden werden. Ebenso kann auch der Kämmerotor zur Vereinfachung des Zusammenbaus in einzelne Abschnitte unterteilt werden, die auf einer gemeinsamen Achse befestigt werden können.

Patentansprüche

=====

1. Verbrennungskraftmaschine mit wenigstens zwei Rotoren, die in einem mit Ein- und Auslaßöffnungen versehenen Gehäuse drehbar gelagert sind, wobei sie miteinander in Eingriff stehen und zwischen sich Arbeitsräume bilden, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb eines rohrförmigen Käfigrotors (7), der mit über den Umfang verteilten Ausnehmungen versehen ist, wenigstens ein Kämmerotor (8) angeordnet ist, der beabstandete Zähne aufweist, die mit den Ausnehmungen des Käfigrotors in Eingriff treten, wobei die Umfangslinie des Kämmerotors (8) den Außenumfang des Käfigrotors (7) tangiert, daß die Zähne und Ausnehmungen an den beiden Rotoren (7, 8) schraubenlinienförmig um die zugeordnete Rotorachse verlaufen, und daß die Brennkammer (19) auf dem Außenumfang des Käfigrotors im Gehäuse (1) ausgebildet ist und über Blaslöcher mit den Ausnehmungen im Käfigrotor in Verbindung steht.
2. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kompressions- und eine Expansionsstufe mit jeweils einem Käfig- und wenigstens einem Kämmerotor vorgesehen ist.
3. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Käfig- und/oder Kämmerotoren der Kompressions- und der Expansionsstufe coaxial zueinander liegen und miteinander verbunden sind.
4. Verbrennungskraftmaschine nach den Ansprüchen 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß die einander entsprechenden Rotoren der Kompressions- und Expansionsstufe gleiche Außendurchmesser haben.

5. Verbrennungskraftmaschine nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Abdeckung und Freigabe der Einlaß- und Auslaßöffnungen (3 bis 6) im Gehäuse (1) von dem Käfigrotor (7) gesteuert ist.
6. Verbrennungskraftmaschine nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennkammer (19) zwischen den Einlaß- bzw. Auslaßöffnungen der beiden Stufen angeordnet ist.
7. Verbrennungskraftmaschine nach den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das maximale Volumen der Arbeitsräume (9) in der Expansionsstufe größer ist als in der Kompressionsstufe.
8. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Volumverhältnis der Arbeitsräume (9) in der Expansions- und Kompressionsstufe etwa dem Verhältnis der thermodynamischen Temperaturen von Abgasen und atmosphärischer Luft entspricht.
9. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 3 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Erstreckung der Rotoren (7, 8) in Richtung ihrer Drehachsen in der Expansionsstufe größer ist als in der Kompressionsstufe.
10. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei annähernd gleichmäßigem Zuströmen verdichteter Luft in die Brennkammern (19) und annähernd gleichmäßigem Abströmen heißer Brenngase aus den Brennkammern in die Expansionsstufe die Verbrennung in der Brennkammer annähernd isobar erfolgt (Gasturbinenprozeß).
11. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die in der Kompressionsstufe verdichtete Luft vor Eintritt in die Brennkammer (19) zur weiteren Erwärmung durch einen Wärmeaustauscher (34) geleitet wird.

12. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das im Wärmeaustauscher Wärme abgebende Medium vorzugsweise das Motorabgas ist.
13. Verbrennungskraftmaschine nach den Ansprüchen 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß zur Einsparung von Verdichtungsarbeit die Kompression der Luft zweistufig mit Zwischenkühlung in einem Wärmeaustauscher erfolgt.
14. Verbrennungskraftmaschine nach den vorhergehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß die Zahl der Kämmtoren pro Stufe zwei ist.
15. Verbrennungskraftmaschine nach den vorhergehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß der Antrieb der Kämmtoren (8) vom Käfigrotor (7) über ein Synchrongetriebe erfolgt.
16. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehachsen des Getriebes und die Rotorachsen identisch sind, wobei das Zahnrad des Kämmtors außenverzahnt und das des Käfigrotors innenverzahnt ist und der Teilkreisdurchmesser des Getriebes dem Außendurchmesser des Käfigrotors entspricht.
17. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehachsen von Käfig- und Kämmtor in einer Ebene liegen.
18. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß beide Nebenläufer gleichen Außendurchmesser besitzen.
19. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die nutenförmigen Ausnehmungen im Profil der beiden Kämmtoren geometrisch im wesentlichen gleich sind.

20. Verbrennungskraftmaschine nach den vorhergehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß die Schnittflächen beliebiger Querschnitte durch die Rotoren mindestens eine Symmetrieebene besitzen, so daß umlaufende Massenkräfte nicht auftreten und auf Ausgleichsgewichte verzichtet werden kann.
21. Verbrennungskraftmaschine nach den vorhergehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der gleichmäßig über den Umfang des Käfigrotors verteilten Zähne (10) bzw. Nuten ein ganzzahliges Vielfaches von zwei ist.
22. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß bei jedem Querschnitt durch den Käfigrotor die Flanken der Zähne bzw. Nuten Geraden darstellen, deren Verlängerung durch die Rotor-Drehachse verläuft und die Querschnitte der Zähne bzw. Stege (10) des Käfigrotors als Kreisringsegmente mit der Rotordrehachse als gemeinsamen Mittelpunkt ausgebildet sind.
23. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Zahnluken des Kammrotors (7) durch zwei punkterzeugte Perizykloiden und einen sie verbindenden Kreisbogen begrenzt sind, wobei diese Perizykloiden der Bewegung der beiden Punkte eines Steges (10) des Käfigrotors entsprechen, die durch die Schnittpunkte des Rotorinnendurchmessers mit den beiden geraden Seitenflanken der Stege gebildet werden, und wobei der Mittelpunkt des verbindenden Kreisbogens die Achse des Kammrotors ist und der Radius der Differenz des Radius des Kammrotorausendurchmessers und der radialen Abmessung der Stege am Käfigrotor entspricht.
24. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Zahnluken am Kammrotor im Bereich des durch einen Kreisbogen gebildeten Innenabschnitts und im inneren Bereich der Perizykloiden größer ausgebildet

sind als sich durch die Bewegung der inneren Eckpunkte der Stege bzw. Zähne (10) ergibt.

25. Verbrennungskraftmaschine nach den vorhergehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß im Querschnitt die Zahnbreite am Käfigrotor in Umfangsrichtung etwa dem 0,5fachen Wert der Zahnteilung entspricht.
26. Verbrennungskraftmaschine nach den vorhergehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß die Blaslochschlitz im Gehäuse (1) in ihrer Abwicklung im wesentlichen die Form rechtwinkliger Dreiecke haben, wobei die erste Kathete der seitlichen, axialen Begrenzungsfläche der Arbeitsräume im Käfigrotor folgt, die zweite Kathete der Berührungslinie zwischen Käfig- und Kammrotor am Außendurchmesser des Käfigrotors folgt und die Hypothense in Richtung der Zähne des Käfigrotors verläuft.
27. Verbrennungskraftmaschine nach den vorhergehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß der Umschlingungswinkel der Ausnehmungen am Kammrotor doppelt so groß ist wie der Umschlingungswinkel der damit in Kämmeingriff stehenden Zähne bzw. Stege des Käfigrotors.
28. Verbrennungskraftmaschine nach den vorhergehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß der Umschlingungswinkel der Zähne am Käfigrotor in der Kompressions- und Expansionsstufe etwa gleich ist.
29. Verbrennungskraftmaschine nach den vorhergehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß längs der Berührungslinie (D-D) der Außendurchmesser von Käfig- und Kammrotor eine federbelastete Dichtleiste vorgesehen ist.

.....

22

Leerseite

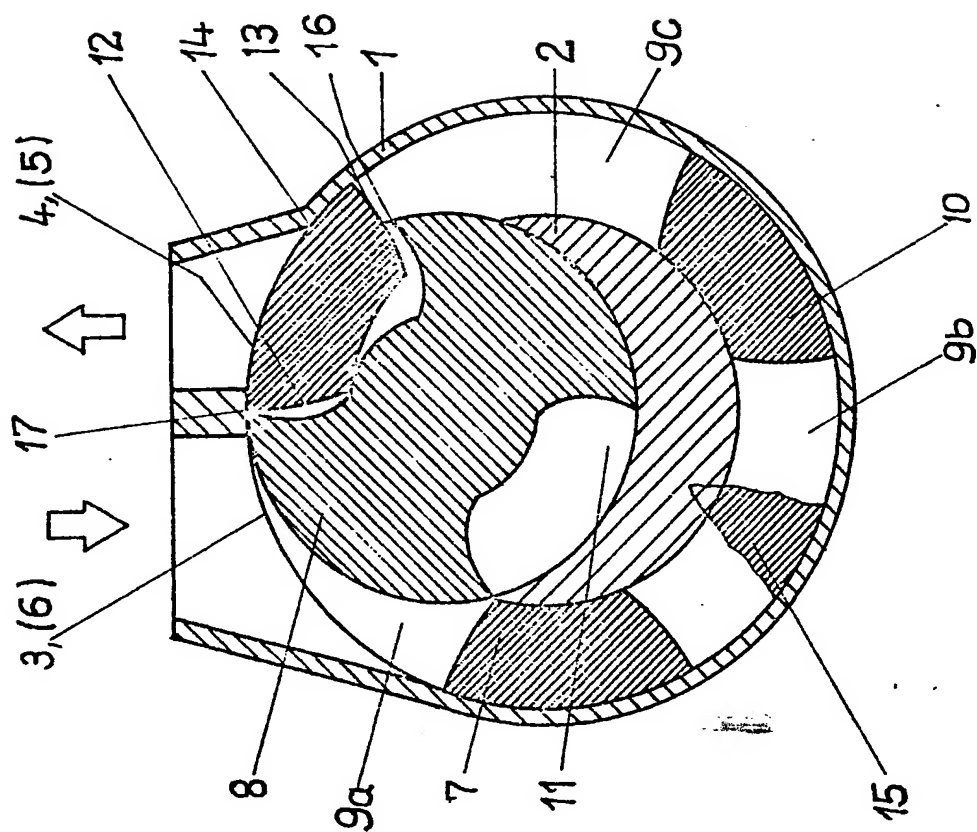


Fig. 1



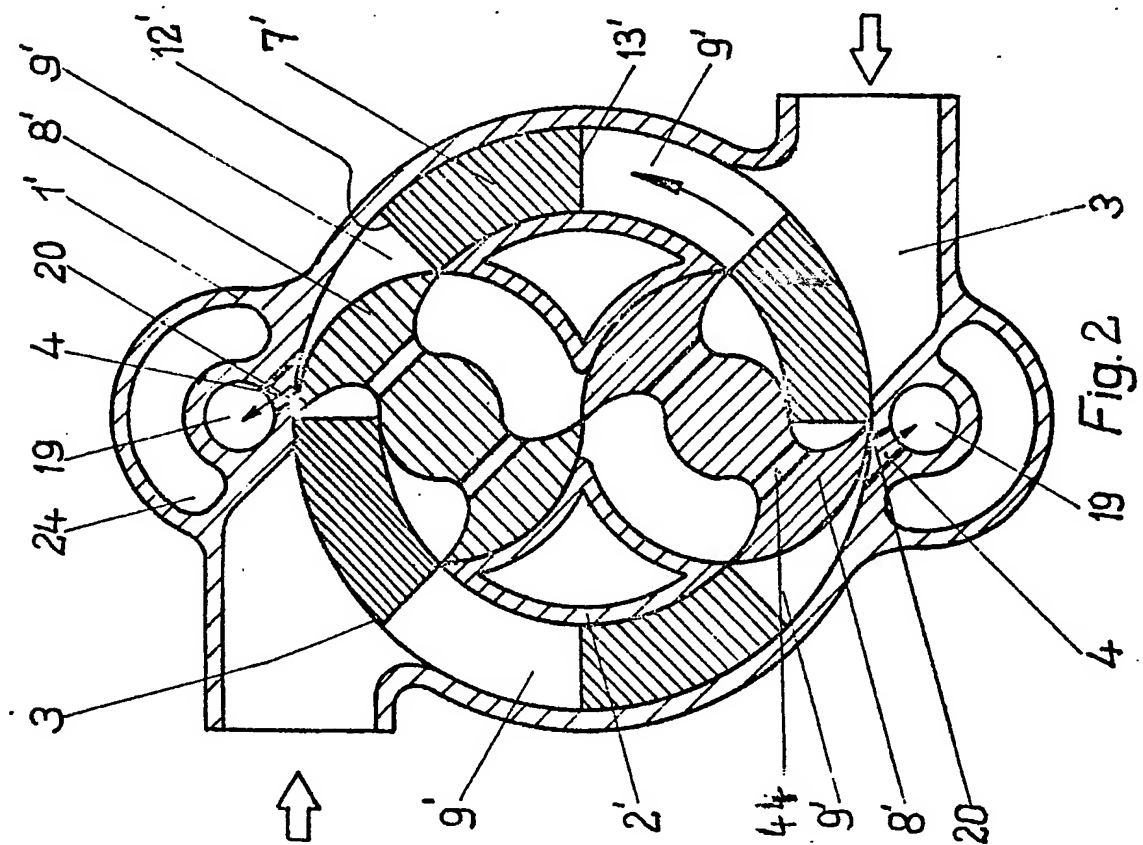


Fig. 2

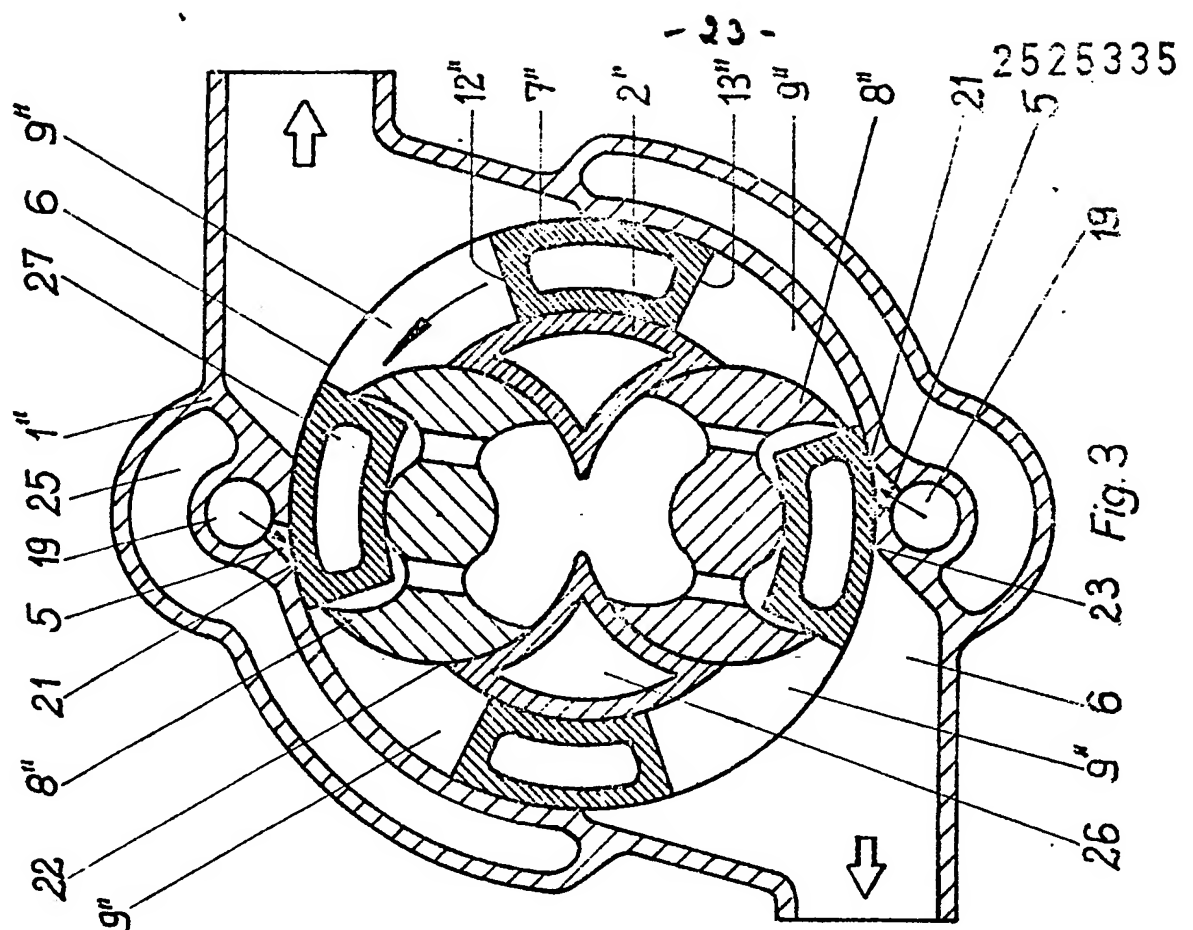


Fig. 3



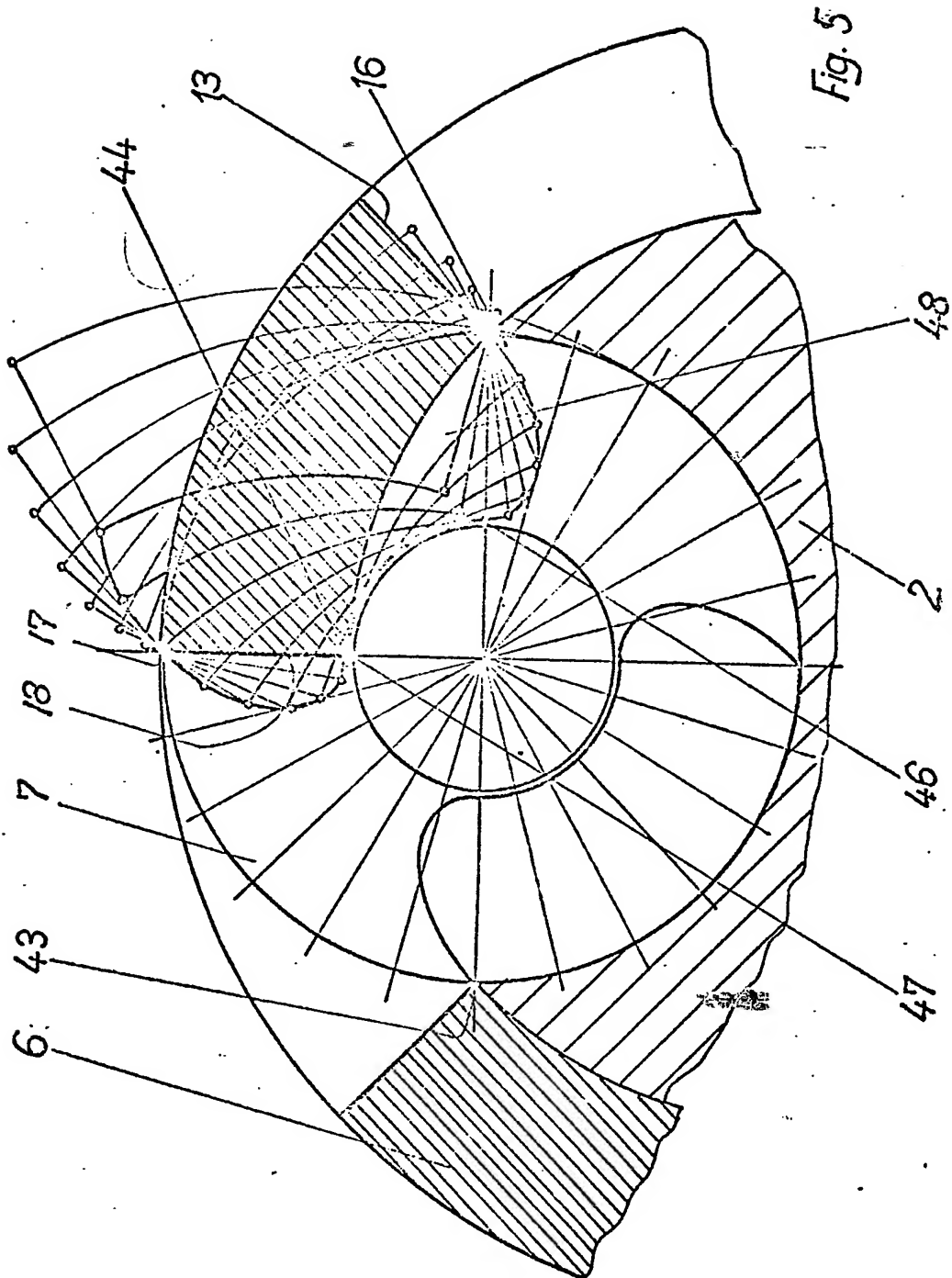
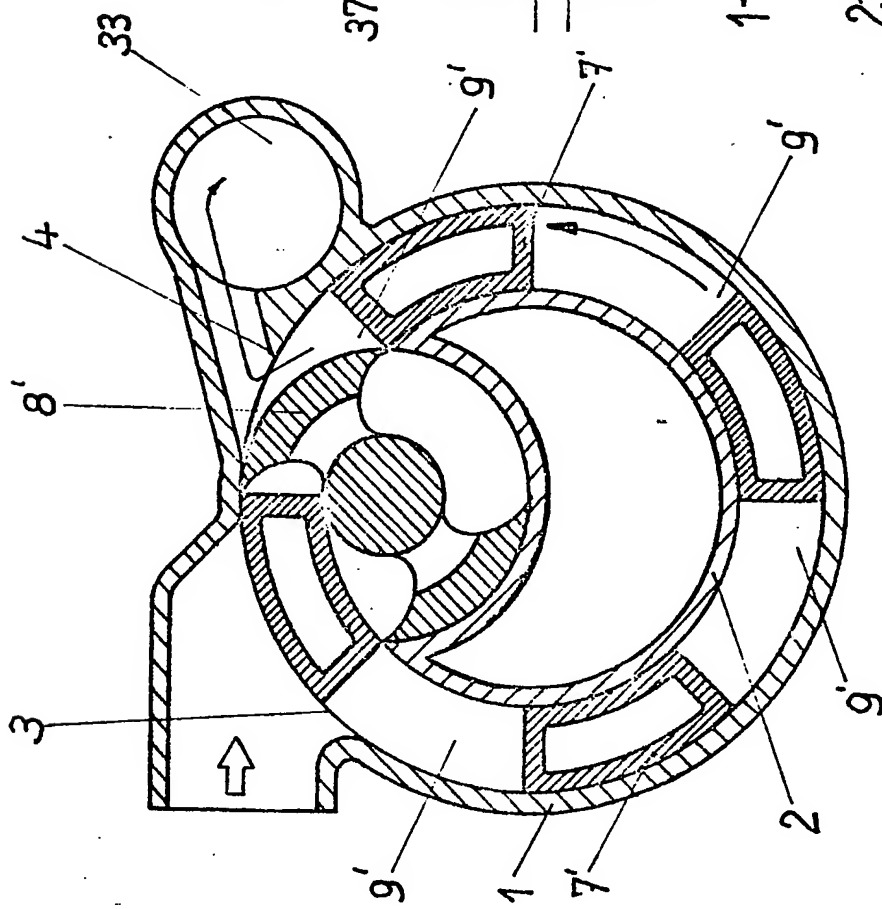
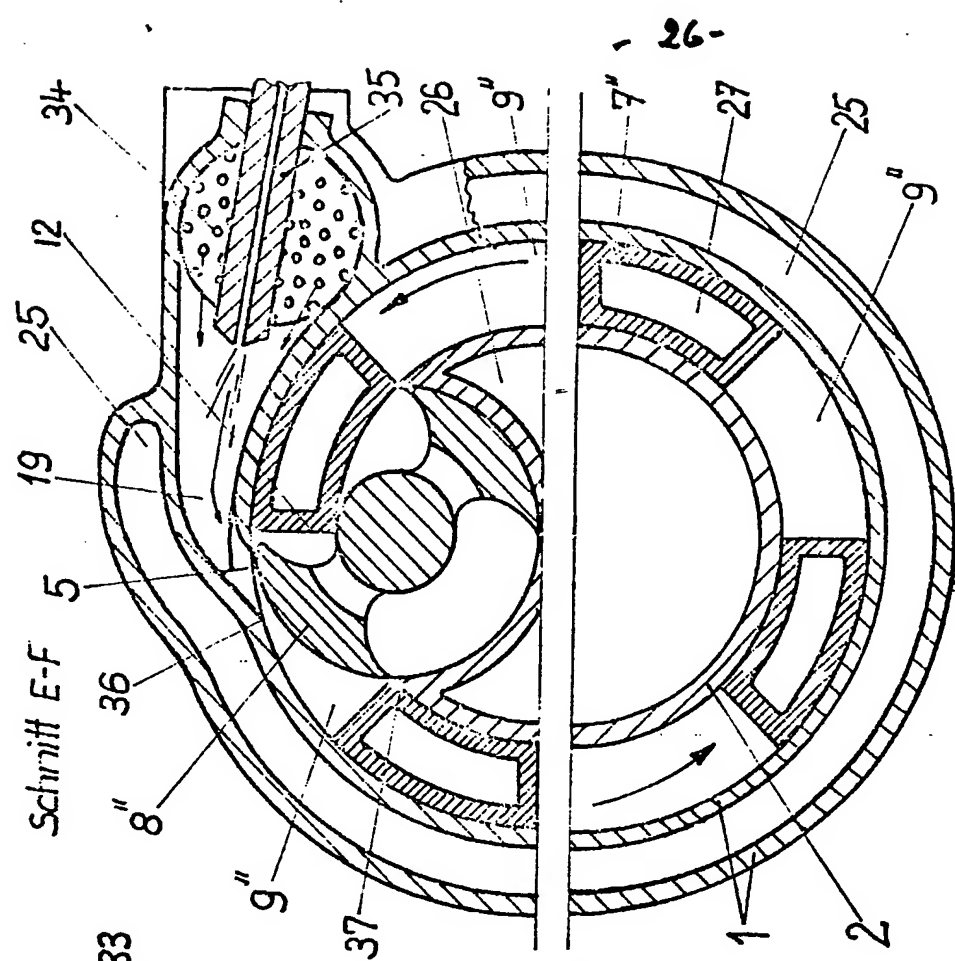


Fig. 5



Schnitt A-B

Fig. 6



Schnitt C-D

Fig. 7

2525335

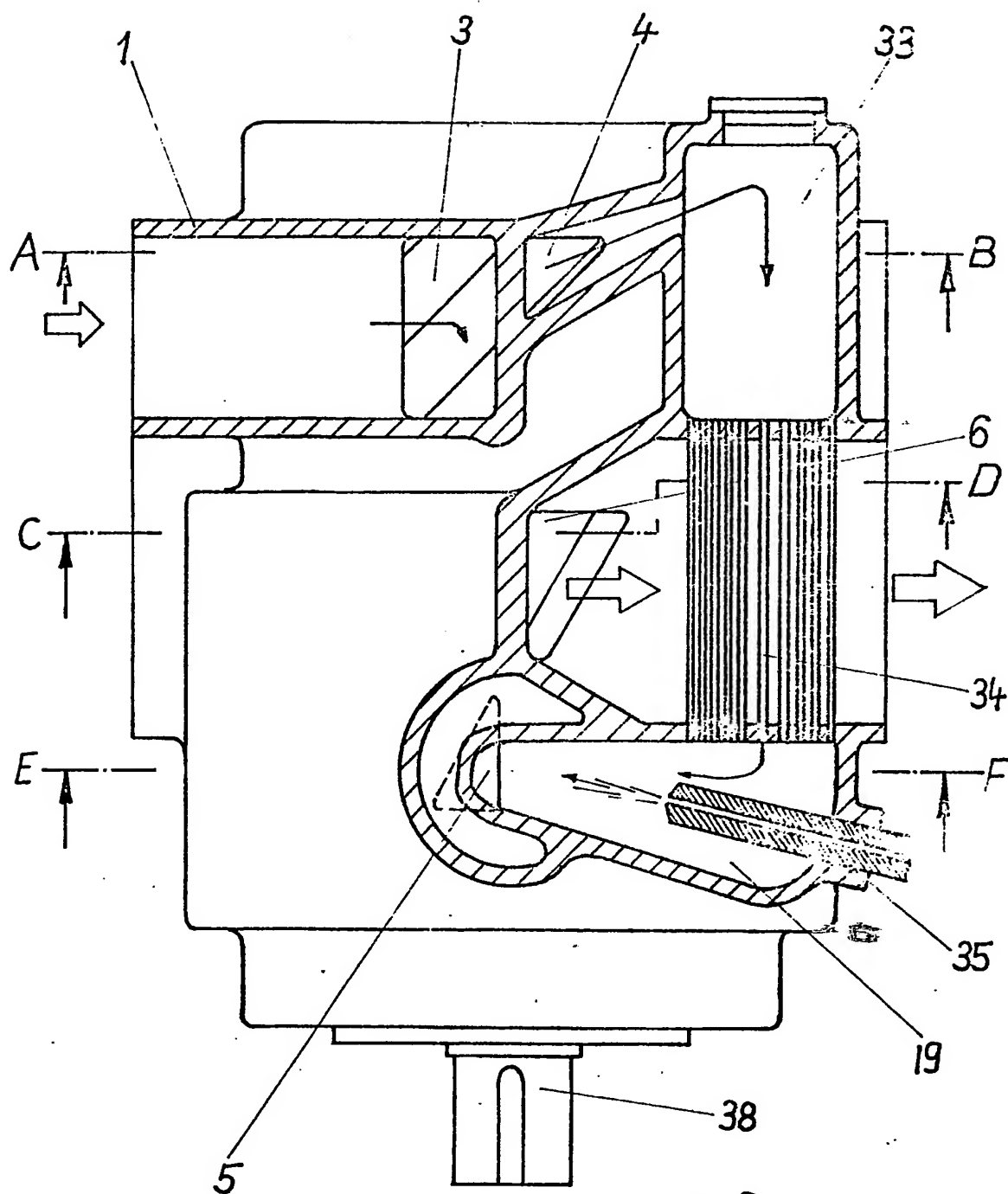


Fig. 8

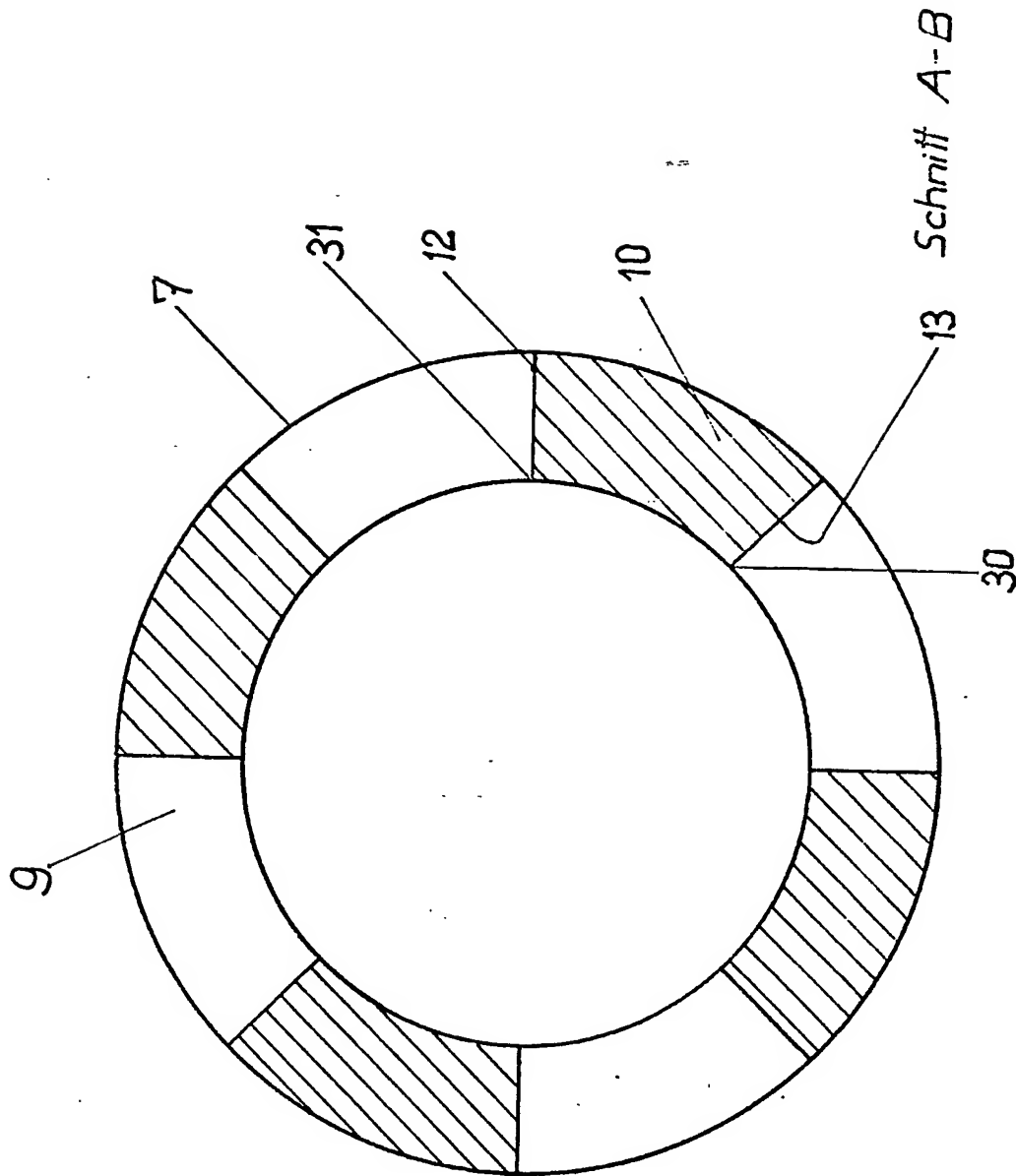
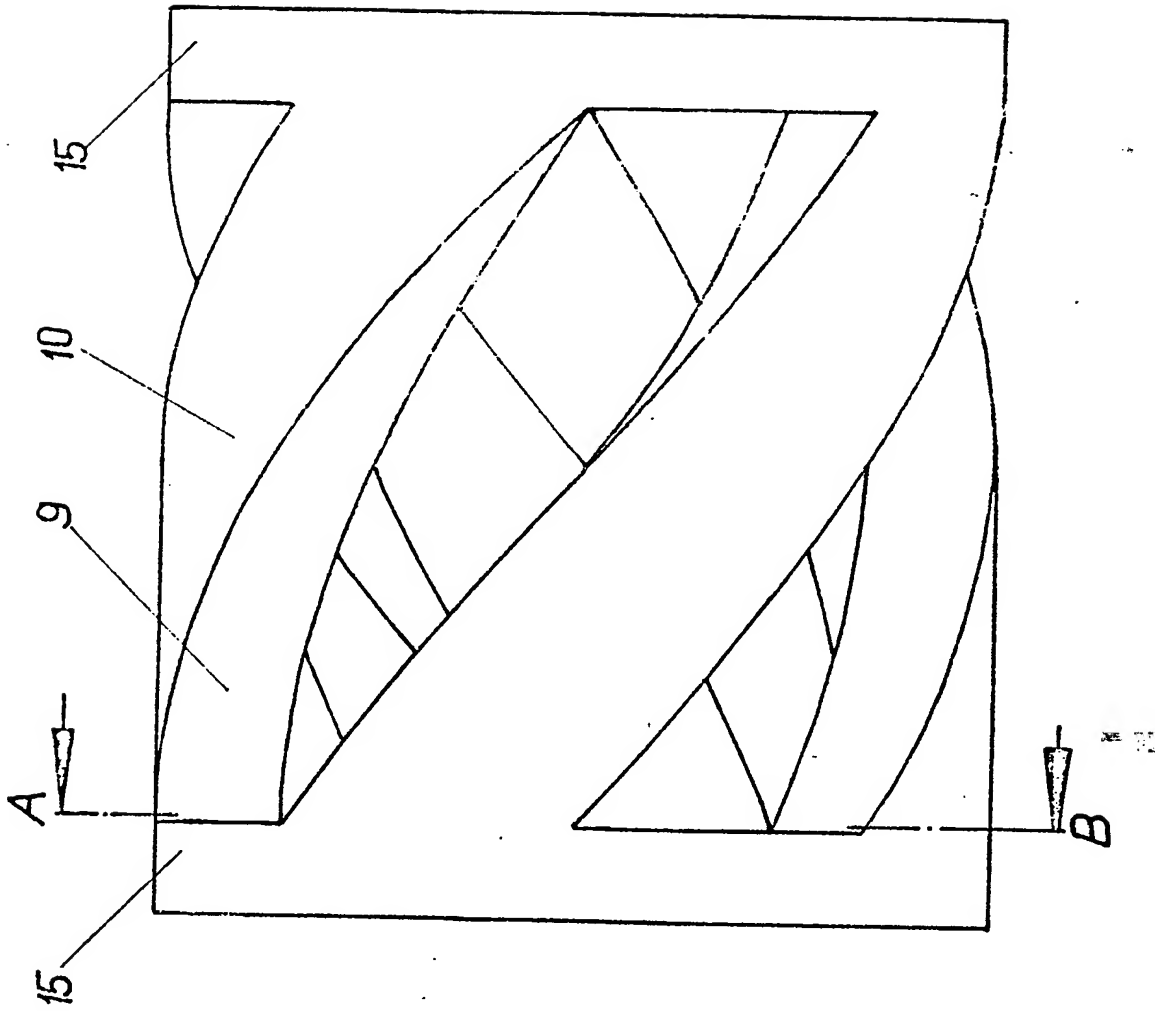


Fig. 9

Fig. 10.



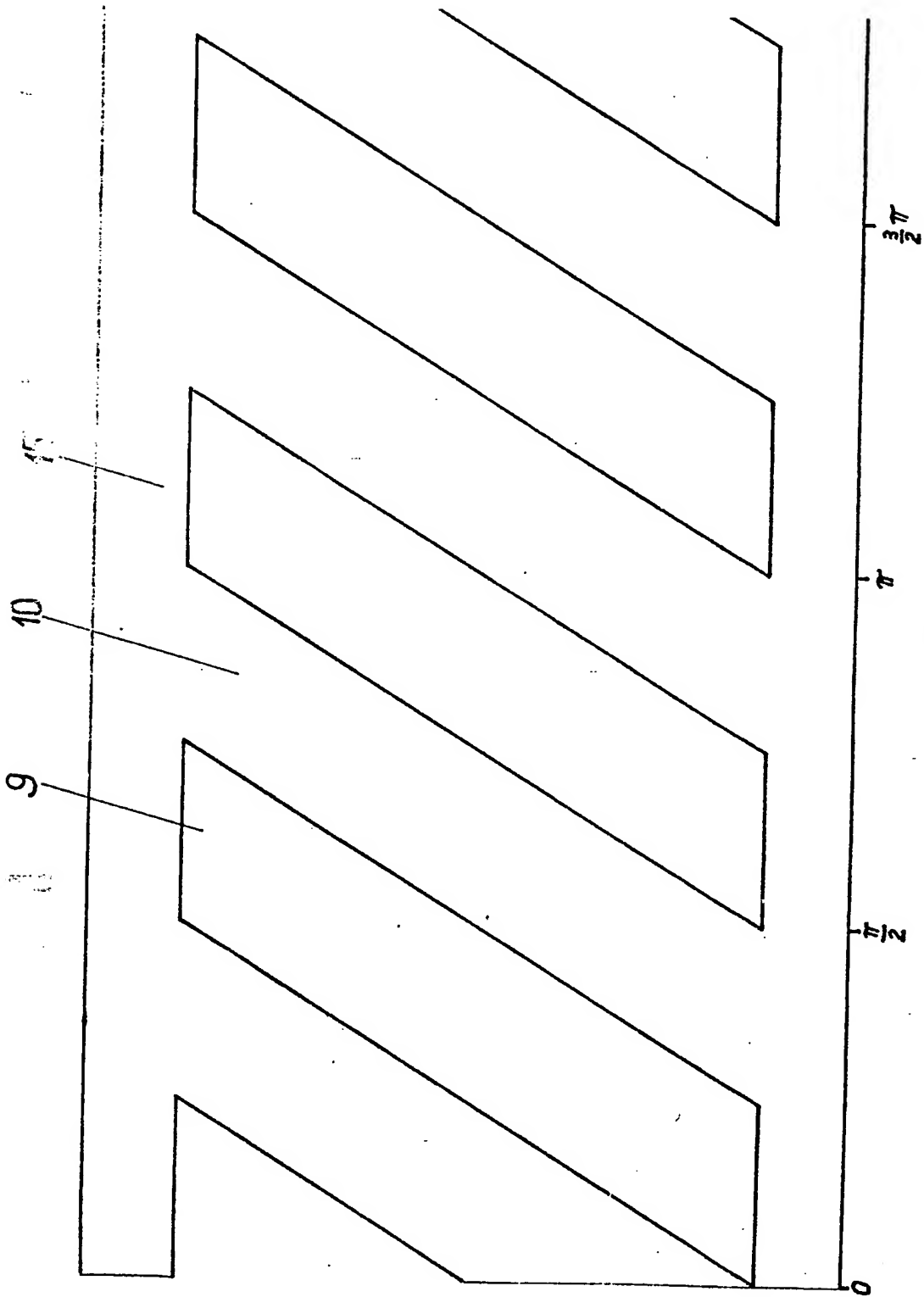
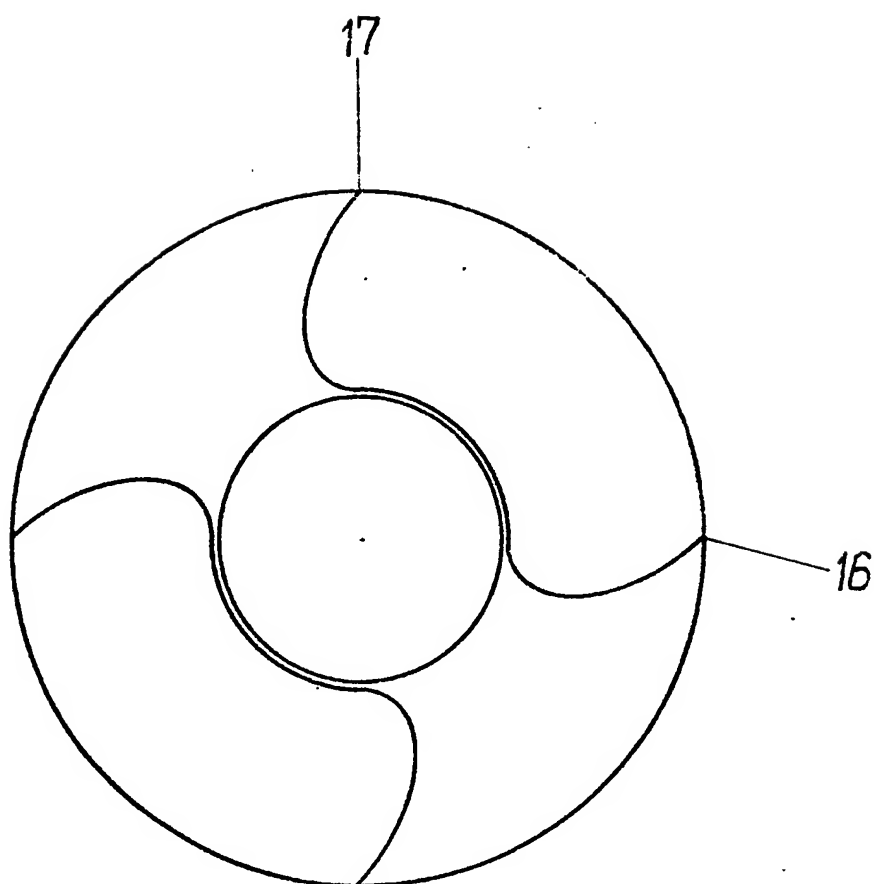


Fig. 11



-31-

*Ansicht X**Fig. 12*

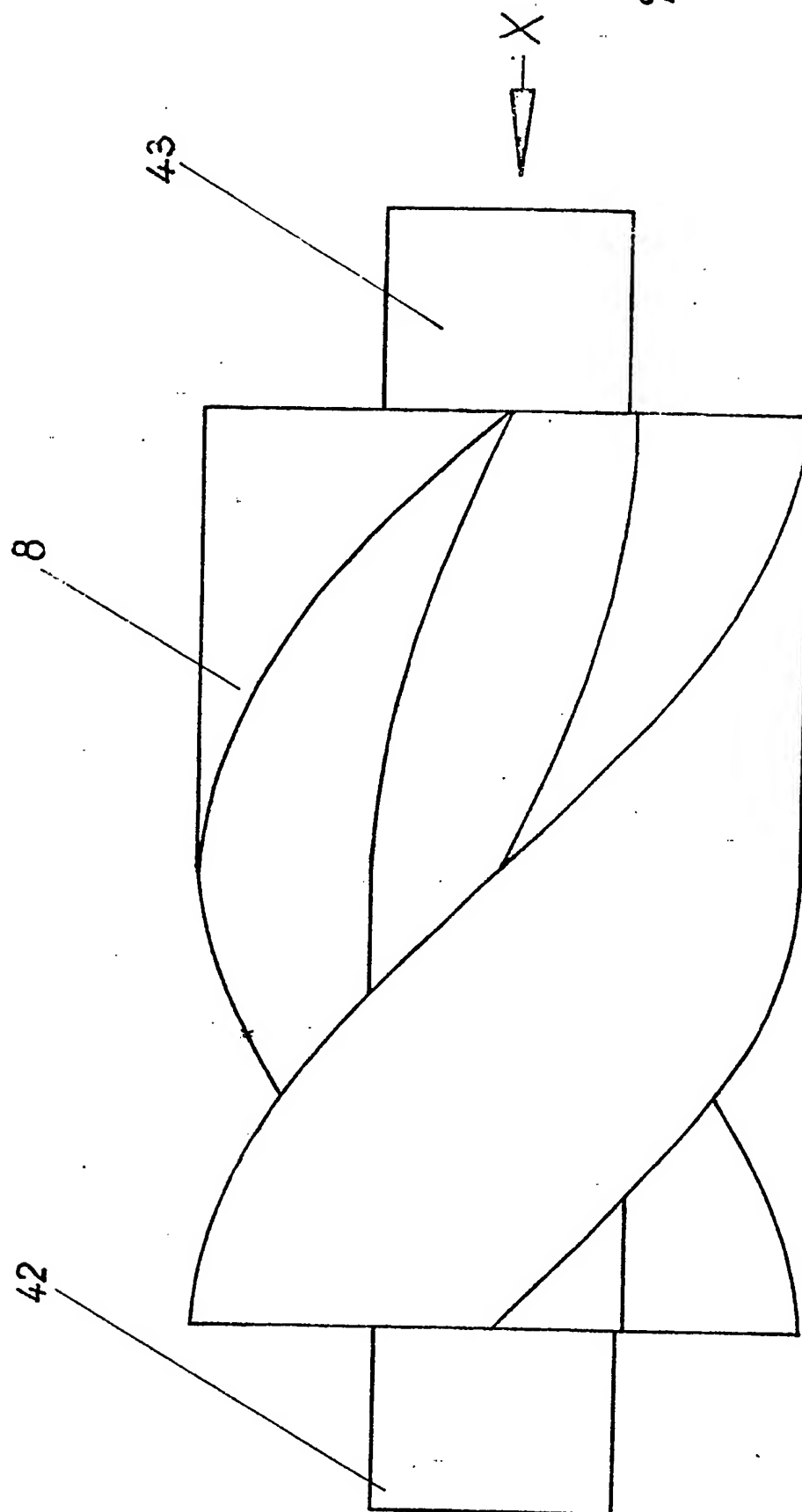


Fig. 13

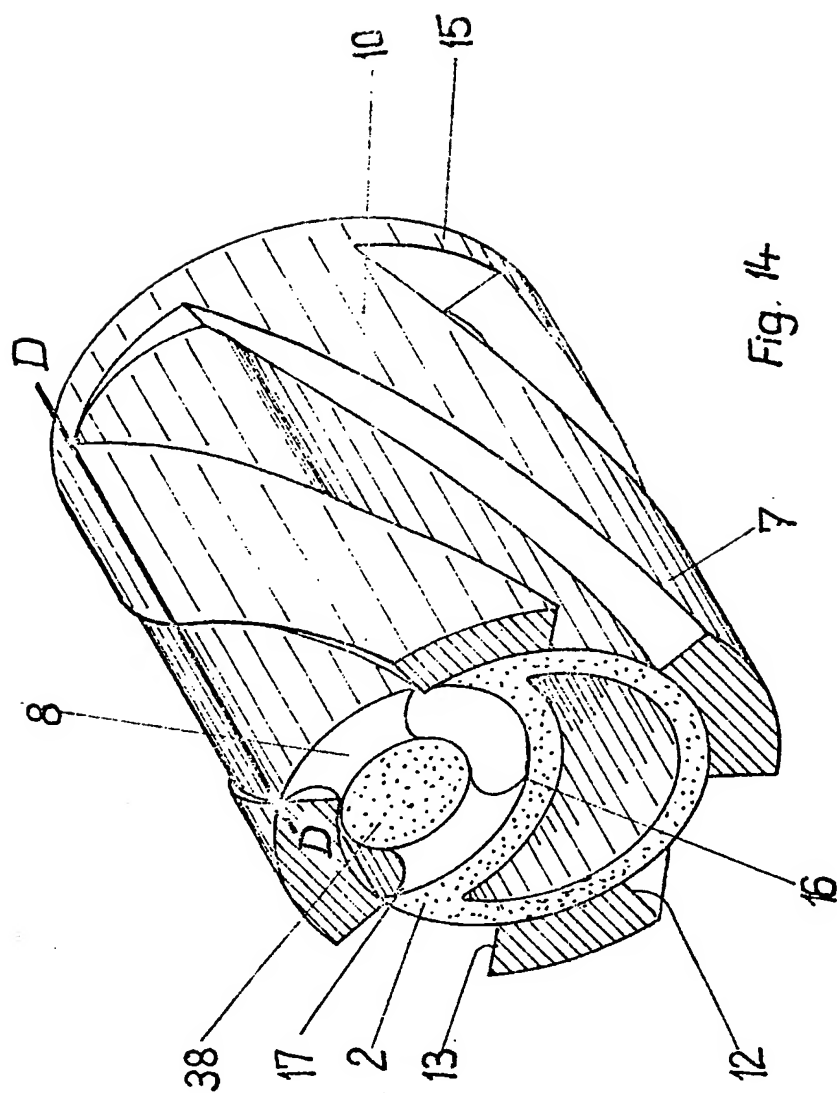
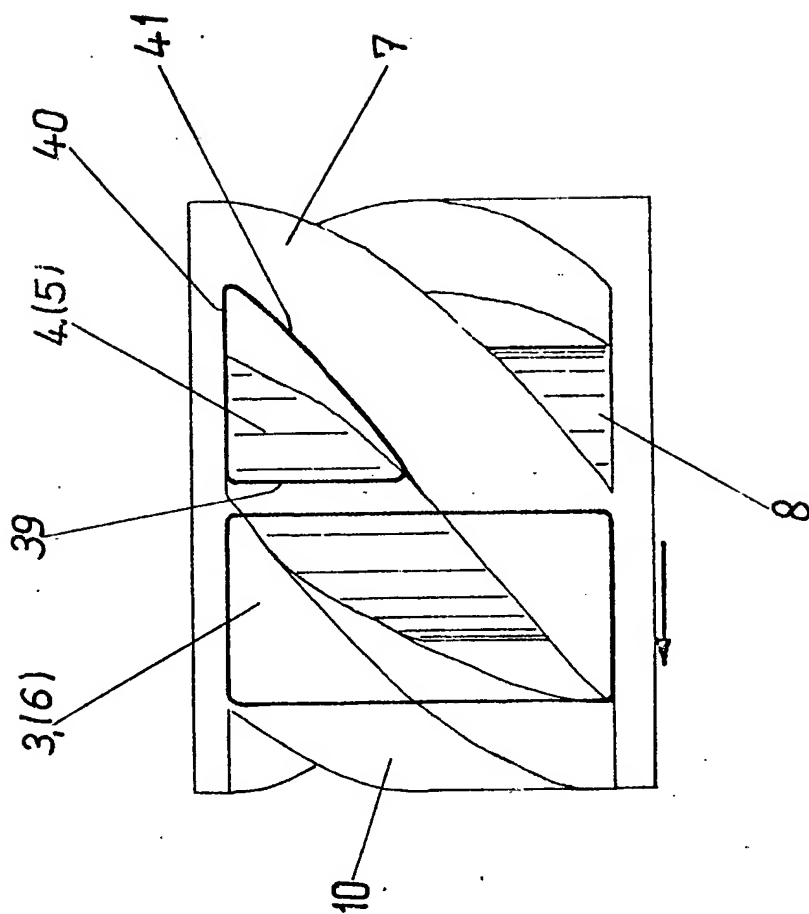


Fig. 14

Fig. 15



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**